

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 677 134

(21) N° d'enregistrement national : **92 06705**

(51) Int Cl⁵ : G 01 V 1/22

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 03.06.92.

(30) Priorité : 03.06.91 AT 112191.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 04.12.92 Bulletin 92/49.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

(71) Demandeur(s) : Société dite : **UNIVERSALE
GRUNDBAUGESELLSCHAFT M.B.H. Société
autrichienne — AT, Société dite : BAUER
SPEZIALTIEFBAU GESELLSCHAFT M.B.H. Société
autrichienne — AT et Société dite : NEUE
REFORMBAU AKTIENGESELLSCHAFT Société
autrichienne — AT.**

(72) Inventeur(s) : Dr. Hauser Hans et Vorlicek Karl.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet Madeuf Conseils en Propriété
Industrielle.

(54) Procédé de transmission de données pour engins d'excavation et de forage du sol ainsi que pour des dispositifs de transport dans des trous de forage.

(57) Procédé de transmission de données pour engins d'excavation et de forage du sol ainsi que pour des dispositifs de transport dans des trous de forage, des liquides conducteurs étant utilisés comme fluides de transmission, caractérisé en ce qu'au moyen d'un tore d'émission, qui entoure un tuyau dans lequel se trouve la colonne de liquide conducteur, on produit un courant d'émission dans le liquide conducteur lequel courant peut être détecté en un point approprié au moyen d'une bobine toroïdale de réception qui entoure aussi le tuyau, le circuit électrique étant fermé - dans la mesure où il n'est pas lui-même fermé par le liquide - par mise à la terre côté émission et côté réception de la colonne de liquide.

FR 2 677 134 - A1



BEST AVAILABLE COPY

La présente invention concerne un dispositif ainsi qu'un procédé de transmission de données analogiques et numériques, des éléments mécaniques d'engins d'excavation et de dispositifs de transport servant dans ce procédé de voie de transmission. Ce procédé peut être utilisé pour la transmission de n'importe quelle grandeur mesurée ; c'est ainsi qu'au moyen de capteurs appropriés de valeurs mesurées, il est possible d'établir des grandeurs physiques différentes telles que la pression, la température ou différents angles d'inclinaison du trou foré, à l'endroit concerné du trou de forage. De préférence, les capteurs et les dispositifs électroniques correspondants sont logés aussi près que possible de la tête de forage ou directement sur celle-ci, dans un boîtier blindé, protégé contre les chocs et étanche à la pression. Dans ce cas, des liquides électriquement conducteurs servent de voies de transmission, le circuit électrique traversant le liquide conducteur étant fermé par la terre. Ces liquides sont, soit des liquides de lavage conducteurs, soit le liquide de transport conducteur, soit encore des suspensions auxiliaires.

Etant donné que pour réaliser des trous de forage, on utilise essentiellement des têtes de forage avec tiges correspondantes, la proposition suivant l'invention a pour but de donner une possibilité de transmettre les données mesurées, enregistrées à la tête de forage, à la surface de la terre, en faisant intervenir les tiges existantes. Il est naturellement possible aussi de transmettre les données de la surface de la terre à la tête de forage, la voie de transmission devant à cet effet être conçue dans le sens contraire.

Suivant l'invention, le courant est introduit dans la colonne de liquide conducteur, soit de manière inductive par une bobine torique que traverse la colonne de liquide, soit il est envoyé par un ensemble d'électrodes appropriées. On utilise de préférence, à cet effet, la tête de forage et une partie des tiges de

forage, ces éléments pouvant être utilisés comme électrodes, sans modification. Il est particulièrement avantageux dans ce procédé qu'une transmission des signaux soit possible, y compris dans le cas où les tubes, les tuyaux ou autres tiges ne sont pas conducteurs.

Avec un agencement approprié, il est possible de réaliser aussi une voie de transmission bidirectionnelle qui permet la communication des données entre la tête de forage et les engins se trouvant en surface. Ce procédé autorise donc des opérations d'excavation et de forage assistées par ordinateur, sans l'installation de lignes de liaison électriques.

Si la transmission des données doit se faire sur de grandes distances, on monte avantageusement l'une derrière l'autre plusieurs voies de transmission inductives, le signal étant reçu dans chaque voie partielle par une bobine de réception, transporté dans une autre position en fréquence puis envoyé, amplifié, dans une bobine d'émission. La bobine d'émission et de réception d'une voie partielle dont les enroulements entourent un corps en matière plastique est protégée par un boîtier plastique stable. Les bobines sont disposées de manière à entourer aussi étroitement que possible la tige de forage ferromagnétique, afin de minimaliser les pertes dues au flux de dispersion.

La transmission du signal entre les bobines se fait à travers le flux magnétique, dans les tiges. La largeur de bande de la transmission des signaux est fortement limitée toutefois par les courants de Foucault qui se forment lors de la magnétisation alternative de la substance ferromagnétique conductrice. Mais, par des procédés informatiques appropriés, par exemple par corrélation - il est possible de transmettre une quantité importante d'informations.

L'alimentation en courant d'une voie partielle s'effectue de manière optimale à l'aide d'accumulateurs qui sont logés à l'intérieur des tiges de forage, avec

les organes électroniques correspondants, dans un boîtier approprié.

5 Diverses autres caractéristiques de l'invention ressortent d'ailleurs de la description détaillée qui suit.

Des formes de réalisation de l'objet de l'invention sont représentées, à titre d'exemples non limitatifs, aux dessins annexés.

10 La fig. 1 représente de manière schématique la constitution d'une tête de forage avec les tiges de forage.

La fig. 2 est un diagramme fonctionnel.

La fig. 3 représente la constitution du procédé de transmission avec alimentation inductive.

15 La fig. 4 représente la constitution du procédé de transmission avec alimentation au moyen d'électrodes.

La fig. 5 représente une variante possible de la transmission des signaux.

20 La fig. 6 représente le schéma électrique de remplacement.

La fig. 7 la constitution d'une voie de transmission.

25 Dans les tiges 1, les organes électroniques et les accumulateurs sont logés dans un boîtier 3 blindé, étanche à la pression. Les tiges ferromagnétiques 1 sont entourées par une bobine de réception 2 et une bobine d'émission 4. Les tiges peuvent être équipées ultérieurement avec les bobines, celles-ci devant être protégées par un boîtier approprié, ou étant rigidement scellées, au moyen d'une masse appropriée, dans un boîtier non ferromagnétique pour former un ensemble avec les tiges.

30 La fig. 1 représente trois voies de transmission partielles, le dispositif de réception étant remplacé dans la première voie partielle par les dispositifs de mesure électronique. Après la dernière voie partielle, le signal peut être prélevé sur la bobine 5. La bobine de réception 5 est placée sur la tour de forage, cette

35

bobine ne devant pas nécessairement être reliée rigidement aux tiges de forage. Enfin, les signaux reçus dans la bobine 5 sont envoyés au dispositif fixe de traitement 6.

5 Si des données doivent être transmises, par un
procédé de transmission, de la surface de la terre à la
tête de forage, les données sont introduites par l'appareil émetteur 7 dans la bobine d'émission 8 et transportées par les tiges vers la tête de forage. L'élément
10 de réception, non utilisé auparavant, avec la bobine de
réception 2 sur la tête de forage, achemine les données,
après décodage éventuel, vers les dispositifs électroniques correspondants, placés dans la tête de forage. Il
est ainsi possible de réaliser un procédé de transmission
15 bidirectionnel, le flux des données s'effectuant depuis
le fond du trou de forage vers la surface de la terre et
dans le sens inverse, opportunément selon un procédé de
transmission par passage de témoin. Si l'on dispose d'une
bande de fréquences de transmission suffisamment large,
20 les signaux d'émission et de réception peuvent aussi être
transmis simultanément, à condition que l'écart de
fréquence central soit tout aussi grand.

Les dispositifs électroniques d'une voie partielle peuvent être décrits par le schéma fonctionnel
25 représenté à la figure 2. Celle-ci représente le bloc de
saisie des données 100 à partir duquel les données d'un
calculateur 101 ou les grandeurs mesurées des capteurs
102 sont envoyées, par un convertisseur U/f 103, à la
bobine d'émission 205, par l'intermédiaire de l'étage
30 final 204. Le bloc 100 se trouve au début ou à la fin
d'une voie de transmission complète. Dans la chaîne de
répétition 200, les signaux sont reçus par la bobine de
réception 201, limités en bande au moyen de la régénération
des signaux 202 et amplifiés de façon intermédiaire ;
35 à l'aide de la transposition de fréquence 203,
le signal est amené dans une autre position en fréquence,
afin d'éviter des couplages gênants. Enfin le signal est

introduit dans la bobine d'émission 205, par l'étage final 204. Le contrôleur à passage de témoin 206 émet des signaux de commande appropriés afin de commander la séquence dans le temps de la communication des données, en cas de flux bidirectionnel des données.

La transmission des signaux peut se faire de manière particulièrement efficace si les tiges présentent une liaison électriquement conductrice continue ou si la liaison n'est interrompue que sur de très courtes distances, par exemple au droit d'assemblages vissés isolés et étanches. La figure 7 représente de manière schématique la constitution d'une telle voie de transmission :

A la distance l_u de la pointe de la tête de forage, un signal de tension alternative est envoyé dans les tiges 502, au moyen du transformateur 501. Il en résulte un flux de courant I_u qui est réduit par les courants de fuite I_a dans le fluide conducteur (terre, liquide ou similaire), de sorte qu'à la surface il est possible de détecter, au moyen du transformateur 503, le courant I_o qui, par l'engin d'excavation mis à la terre (par exemple la tour de forage), passe en direction de la partie de tige restant sous le transformateur 501, de longueur l_u .

La fig. 6 représente le schéma électrique de remplacement : la résistance de terre R_u de la partie de tiges de longueur l_u et de diamètre d est environ

$$R_u \approx \frac{\rho_a}{2\pi\sqrt{dl}},$$

ρ_a représentant la résistance spécifique du fluide environnant. La résistance des tiges par unité de longueur est

$$R' = \frac{4\rho_i}{d^2\pi}$$

ℓ_i représentant la résistance spécifique du matériau des tiges. Le courant de fuite à travers le fluide environnant est déterminé par le coefficient de conductibilité par unité de longueur

5

$$G' = \frac{k}{\ell_a}$$

10

k représentant un facteur de proportionnalité sans dimension, tenant compte des conditions géométriques ($k \dots 0.1 - 10$). En fait, le coefficient de conductibilité G' dépendra aussi du lieu de la fuite ; il en résulte des conditions de champ très compliquées qui, pour simplifier l'évaluation, doivent être négligées.

15

L'impédance caractéristique Z_w de la ligne est donnée par

20

$$Z_w = \sqrt{\frac{R'}{G'}}$$

si l'on néglige la capacité et l'inductance.

25

Pour le courant passant au point d'alimentation, on a, suivant la tension de sortie U du transformateur (501)

30

$$I_u = \frac{U}{Z_w + R_u}$$

35

La tension U_o à l'extrémité supérieure de la ligne - à la distance l_o du point d'alimentation - se calcule, à partir de la tension s'appliquant au-dessous

$$U_u = I_u \cdot Z_w$$

selon la théorie de conduction, de la façon suivante :

$$U_o = U_u \cdot \exp(-\alpha l_o)$$

5

avec la constante d'amortissement

$$\alpha = \sqrt{R'G'},$$

10

ce qui fait qu'avec la résistance de terre R_o supérieure de la tour de forage ou de dispositifs mécaniques et similaires qui sont en contact étroit avec la terre, comme ici la prise de terre sphérique, citée à titre d'exemple, de rayon r , on obtient le courant I_o de la façon suivante

15

$$I_o = \frac{U_o}{R_o}$$

où

20

$$R_o = \frac{\rho_a}{2\pi r}$$

25

A partir des relations indiquées ci-dessus, on calcule donc le courant I_o , pouvant être détecté en haut, en fonction de la conductibilité ℓ_o du fluide environnant

30

$$I_o = \frac{U \cdot 2\pi r}{\rho_a} \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_a + 4\sqrt{\frac{\rho_a \ell_i \pi l_o}{kd}}} \right) \cdot \exp \left(-\frac{2l_o}{d} \sqrt{\frac{\rho_i k}{\rho_a \pi}} \right).$$

35

Cette fonction est intéressante en ce qu'elle présente au moins un maximum pour ℓ_o . Dans le cas d'une conductibilité extrêmement mauvaise comme dans le cas

d'une conductibilité particulièrement bonne, le courant I_0 disparaît. En négligeant le terme $4\sqrt{\frac{\rho_i l_u}{kd}}$ par rapport

aux termes $\sqrt{\frac{2r\pi U}{I_0}}$ et $\frac{2l_u}{d}\sqrt{\frac{\rho_i k}{r}}$, le courant I_0 devient maximal pour

$$\rho_o = \frac{16l_o^2 \rho_i k}{\pi d^2}$$

10

Un bref exemple chiffré soulignera la possibilité de réaliser techniquement ce principe : avec les valeurs $l_u = 10$ m, $d = 0,1$, $\rho_a 2 \Omega m$ (eau salée), $\rho_i = 2 \cdot 10^{-7} \Omega m$ (acier), $k = 10$, $U = 10$ V, $r = 10$ m et $l_o = 1000$ m, on obtient

15

$$I_0 = 70 \mu A.$$

20

Or la résistance spécifique optimale du fluide est dans ce cas

$$\rho_{opt} \approx 1000 \Omega m,$$

25

Comme c'est le cas pour la terre ordinaire. Le courant maximal de réception est alors

30

$$I_{opt} \approx 120 \mu A.$$

35

Ces courants peuvent, dans tous les cas, être détectés avec certitude au moyen d'un transformateur à noyau toroïdal, hautement perméable, d'autant qu'une amplification limitée en bande peut garantir un rapport signal-bruit suffisant.

5 Ce procédé de transmission convient non seulement aux transferts de données dans le cas d'excavations dans la terre, mais aussi par exemple à des applications nautiques, où il existe au moins une liaison conductrice du navire à un engin se trouvant au fond de la mer et où le retour du courant se fait par l'eau salée.

10 Si l'on transporte des liquides conducteurs, par exemple un liquide conducteur de transport ou des liquides auxiliaires, au moyen de dispositifs de transport à travers des trous forés, cette colonne de liquide peut être utilisée en remplacement de conducteurs métalliques pour le transport des données, dans un procédé inductif de transmission : suivant l'invention, le tuyau non
15 métallique, rempli dans ce cas d'un liquide électrique-ment conducteur, est entouré au début et à la fin de la voie de transmission de bobines toroïdales, le circuit électrique à travers le liquide conducteur est enfermé par la terre.

20 La fig. 3 représente de manière schématique la constitution de ce procédé de transmission : le signal est introduit par l'émetteur 300 dans la bobine de transmission 301, ce qui produit un flux de courant dans la colonne de liquide 302. Ce courant peut être détecté avec la bobine de réception 303, à condition que le
25 circuit électrique entre la colonne de liquide soit fermé par la terre 304. Dans ce cas, il faut maintenir la résistance de terre aussi faible que possible, afin de ne pas réduire le flux de courant entre les points de mise à la terre, du fait de la chute de tension. La mise à la
30 terre est opportunément assurée par des perches 305 ou des prises de terre semi-sphériques 306, celles-ci étant reliées au liquide, par une électrode auxiliaire 307. Mais, si le liquide est déjà relié avec certitude au potentiel de terre, par un engin de travail, ces prises
35 de terre peuvent aussi être supprimées.

Si en raison des conditions techniques, il n'est pas possible d'envoyer les signaux dans le noyau torique

d'émission, ils peuvent être acheminés vers deux électrodes, dont une garantit un contact intime avec la terre, tandis que la seconde électrode permet le passage vers le liquide électriquement conducteur. La fig. 4 présente la constitution de la variante du procédé de transmission :

le contact avec la terre peut être assuré par le boîtier métallique mis à la terre de l'appareil émetteur 401, qui de son côté est en contact intime avec la terre 405 environnante. On pourrait imaginer aussi dans le cas d'un fonctionnement fixe de l'appareil émetteur, une mise à la terre par l'intermédiaire d'un câble 402, au moyen d'une perche de terre 403. Les engins de forage pourraient permettre le contact intime voulu avec la terre, par la tête de forage, à condition que la partie extérieure métallique de la tête de forage ou d'autres dispositifs mécaniques soient reliés avec les organes électroniques, par un collier de mise à la terre ou une bande de mise à la terre.

La seconde électrode 404 permettra avantageusement le contact avec le liquide conducteur, par sa grande surface. L'électrode 404 peut être reliée de manière rigide ou mobile avec l'appareil de base 401, par des câbles, une bonne isolation électrique par rapport à la terre 405 ou par rapport à l'appareil de base 401 devant toutefois être assurée par un montage approprié de l'électrode 404. Enfin, le signal est prélevé en un point approprié, au moyen de la bobine toroïdale 406 et envoyé à l'appareil de traitement 407. Etant donné que, dans ce procédé, également le transport des données est rendu possible par le flux de courant à travers la boucle formée par le liquide conducteur et la terre, la résistance de terre des prises de terre éventuellement utilisées ou des perches de terre 408 doit être aussi faible que possible.

La fig. 5 représente une variante possible de l'introduction des signaux, la tête de forage 501

permettant le passage du courant vers la terre 507 et
constituant donc la prise de terre côté trou de forage. A
partir de l'appareil émetteur 510, le potentiel de
référence des dispositifs électroniques est envoyé par un
5 câble ou par une bande de mise à la terre 502, au moyen
d'un collier de mise à la terre 509, à la tête de forage
métallique. Une autre liaison par câble 503 avec le
collier de mise à la terre 509 vers la partie de tige 504
- électriquement séparée de la tête de forage - permet
10 d'utiliser cette partie de tige comme électrode qui
autorise le contact avec le liquide conducteur 506. (Dans
la pratique, la plupart des brides de tiges de forage qui
assurent la liaison entre la tête de forage 501 et la
partie de tige 504, ne présentent pas de passages conduc-
15 teurs).

Les procédés de transmission décrits ici sont
utilisés de préférence dans le domaine pétrolier, à terre
et off-shore, mais ne se limitent aucunement à ce domaine
d'application. Les procédés de transmission mentionnés
20 peuvent être utilisés dans tous les domaines industriels
dans lesquels un seul conducteur, entouré par du liquide
conducteur, doit être utilisé pour la transmission, ou
encore lorsque des liquides conducteurs servent à la
transmission des données. S'il n'existe aucune liaison
25 conductrice, les propriétés ferromagnétiques d'éventuel-
les tiges peuvent permettre la transmission des données
par le flux magnétique.

30

35

REVENDICATIONS

1. Procédé de transmission de données pour engins d'excavation et de forage du sol ainsi que pour des dispositifs de transport dans des trous de forage, des liquides conducteurs étant utilisés comme fluides de transmission, caractérisé en ce qu'au moyen d'un tore d'émission, qui entoure un tuyau dans lequel se trouve la colonne de liquide conducteur, on produit un courant d'émission dans le liquide conducteur lequel courant peut être détecté en un point approprié au moyen d'une bobine toroïdale de réception qui entoure aussi le tuyau, le circuit électrique étant fermé - dans la mesure où il n'est pas lui-même fermé par le liquide - par mise à la terre côté émission et côté réception de la colonne de liquide.

2. Procédé de transmission de données pour engins d'excavation et de forage du sol et dispositifs de transport dans les trous de forage, dans lequel des liquides conducteurs sont en partie utilisés comme fluides de transmission, caractérisé en ce que des signaux sont envoyés entre la terre et le liquide conducteur, au moyen d'électrodes appropriées, le circuit électrique étant formé par le liquide conducteur et par la terre et le flux de courant étant détecté au moyen d'une bobine toroïdale qui entoure le tuyau rempli du liquide conducteur.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'une électrode de l'appareil émetteur est reliée à la terre et la seconde électrode, de grande surface, permet le passage du courant électrique vers le liquide conducteur, la seconde électrode étant de préférence isolée de la première et de la terre.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'alimentation des électrodes s'effectue par la tête de forage et la partie de tige, séparées électriquement de la tête de forage, au-dessus de celle-ci, une électrode étant reliée par câble et collier à la tête de

forage métallique et celle-ci représentant donc la prise de terre, tandis que la seconde électrode est reliée par câble et collier à la partie de tige électriquement isolée de la tête de forage, ceci permettant d'envoyer le courant dans le liquide.

5. Procédé selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la mise à la terre de l'appareil émetteur s'effectue au moyen d'un câble de mise à la terre et d'une perche de mise à la terre.

10 6. Procédé selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la mise à la terre s'effectue à travers l'engin de forage qui, de son côté, est en contact intime avec la terre.

15 7. Procédé selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la mise à la terre s'effectue au moyen d'un dispositif mécanique, placé sur l'engin de forage ou l'engin de pompage, celui-ci permettant un contact intime avec la terre.

20 8. Procédé selon les revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la mise à la terre s'effectue au moyen d'une électrode de référence de grande surface, placée sur le bord du réservoir, dans la mesure où le liquide est conservé dans un réservoir.

25 9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que des signaux sont envoyés, par la bobine toroïdale, dans le liquide et transportés jusqu'à l'appareil se trouvant dans le liquide, ce qui fait que la transmission des données dans le sens inverse, est rendue possible.

30 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le transfert des données peut s'effectuer successivement dans les deux sens, une commande électronique appropriée permettant le déroulement dans le temps, de l'échange de données.

35 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 dans lequel le transfert des données peut s'effectuer dans les deux sens, caractérisé en ce que le

flux de données s'effectue simultanément dans les deux sens, l'influence perturbatrice des couplages et des battements étant évitée par sélection d'au moins quatre bandes de fréquences différentes.

PL I/4

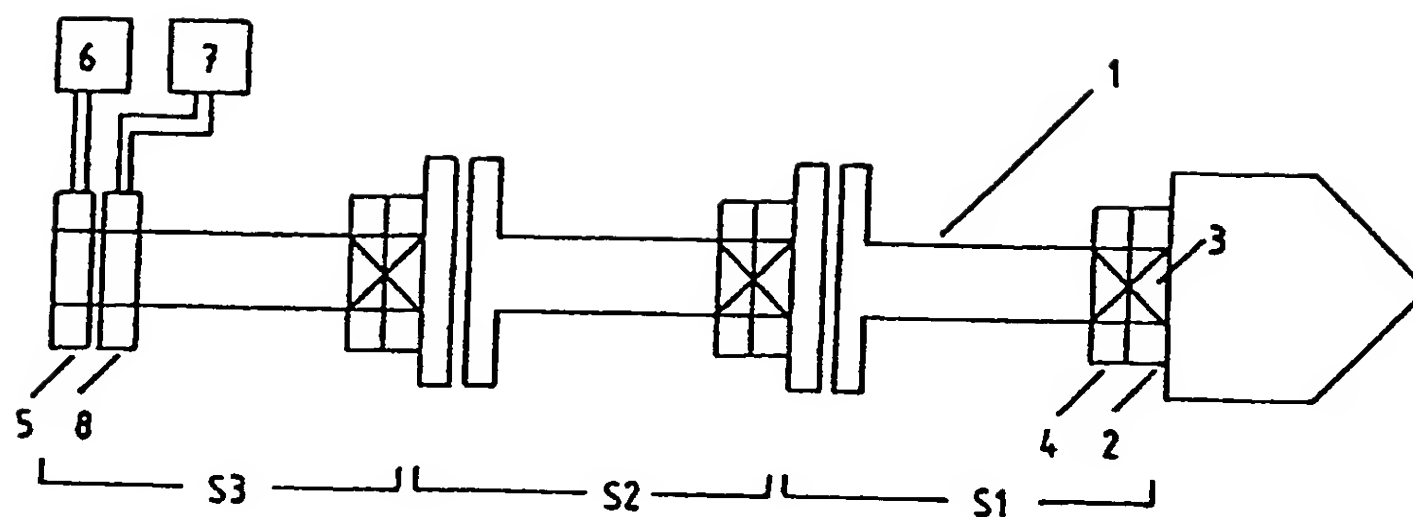


Fig. 1

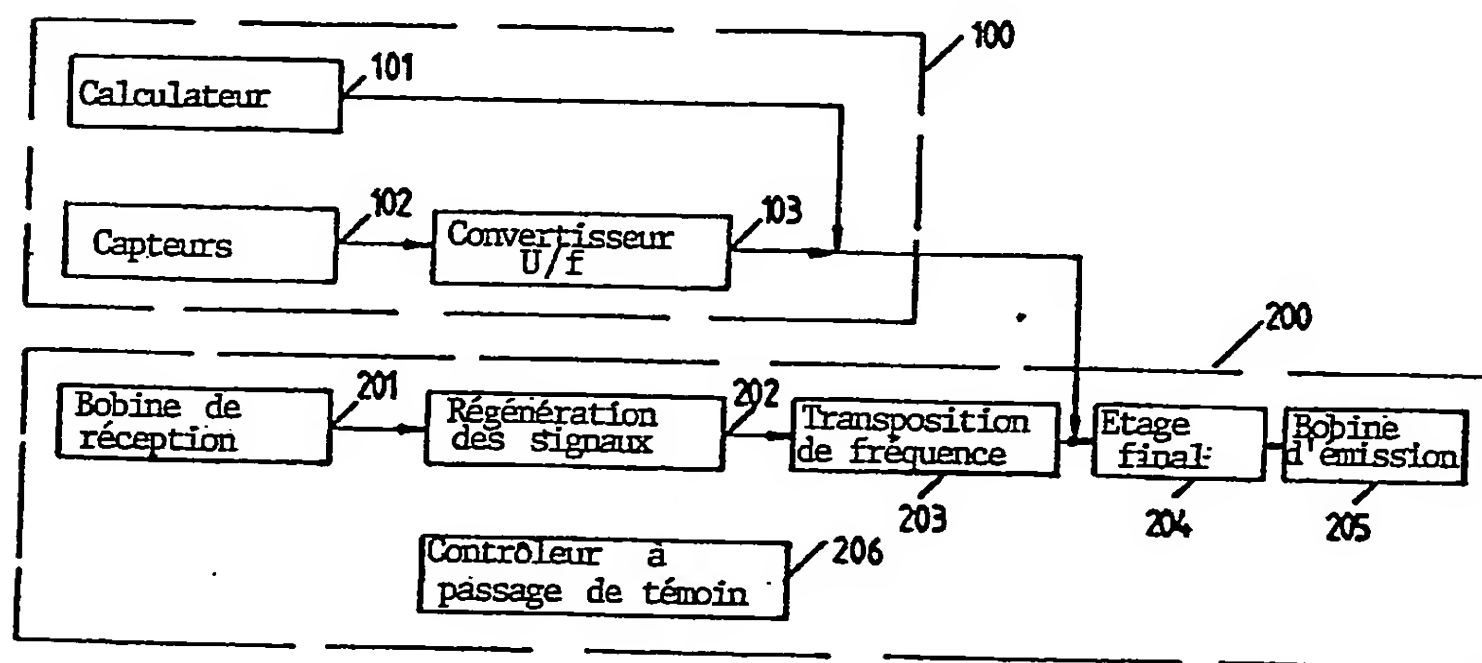


Fig. 2

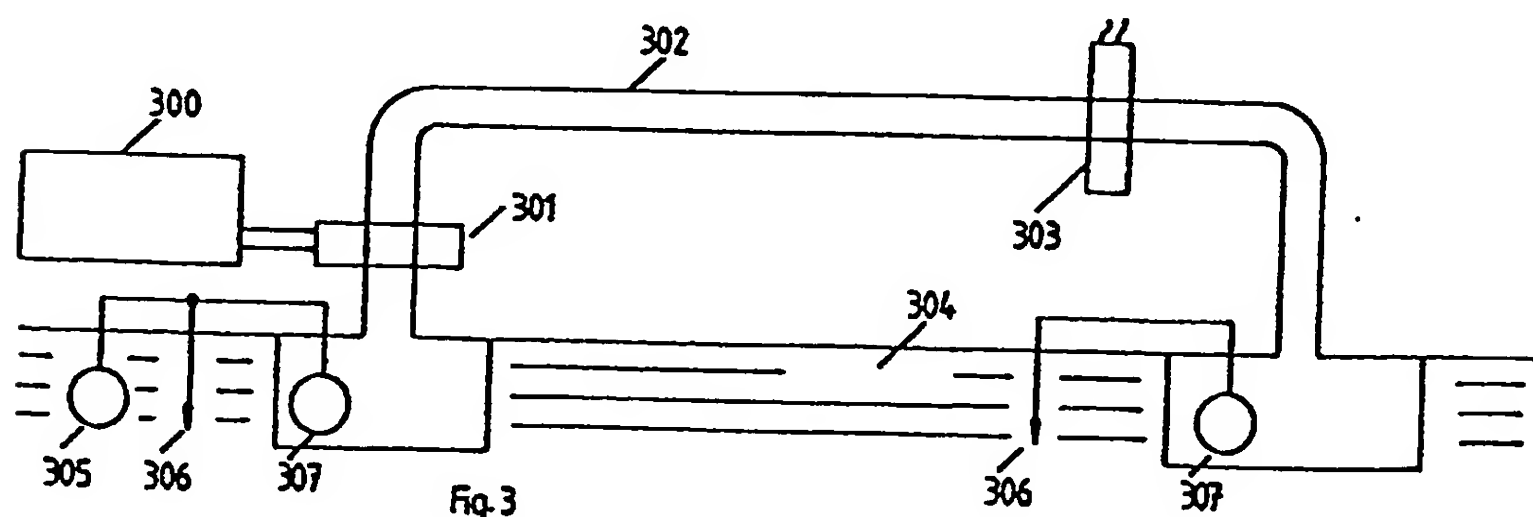


Fig. 3

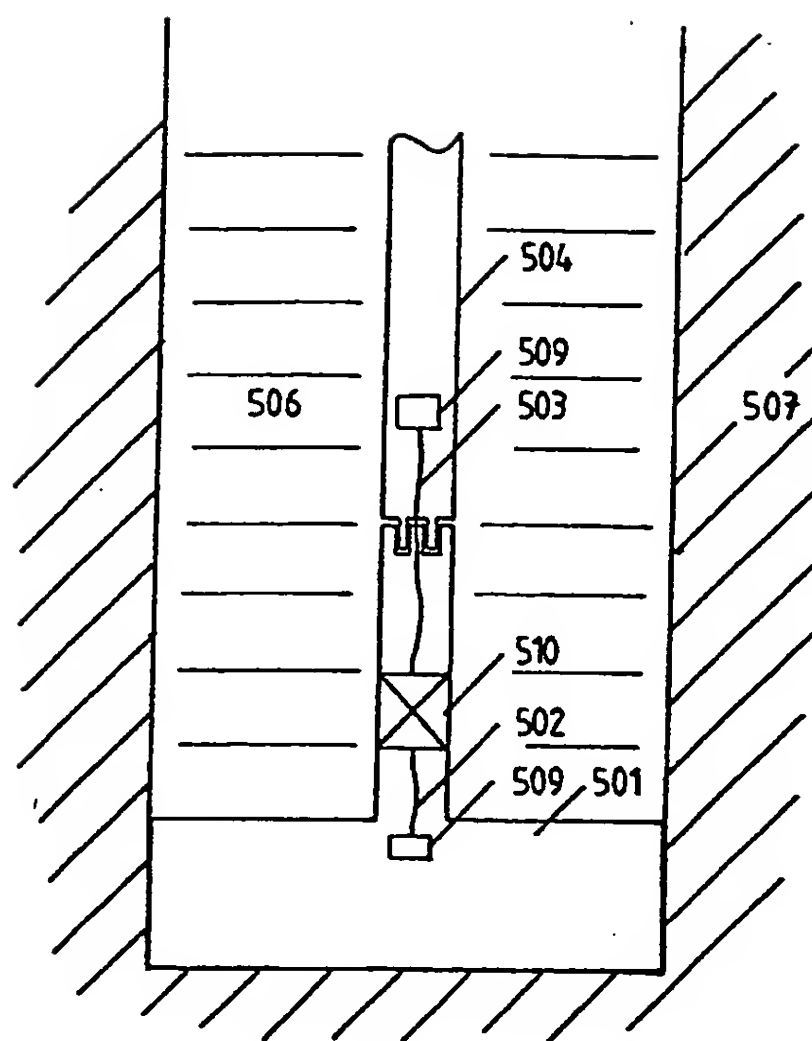


Fig. 5

PL IV/4

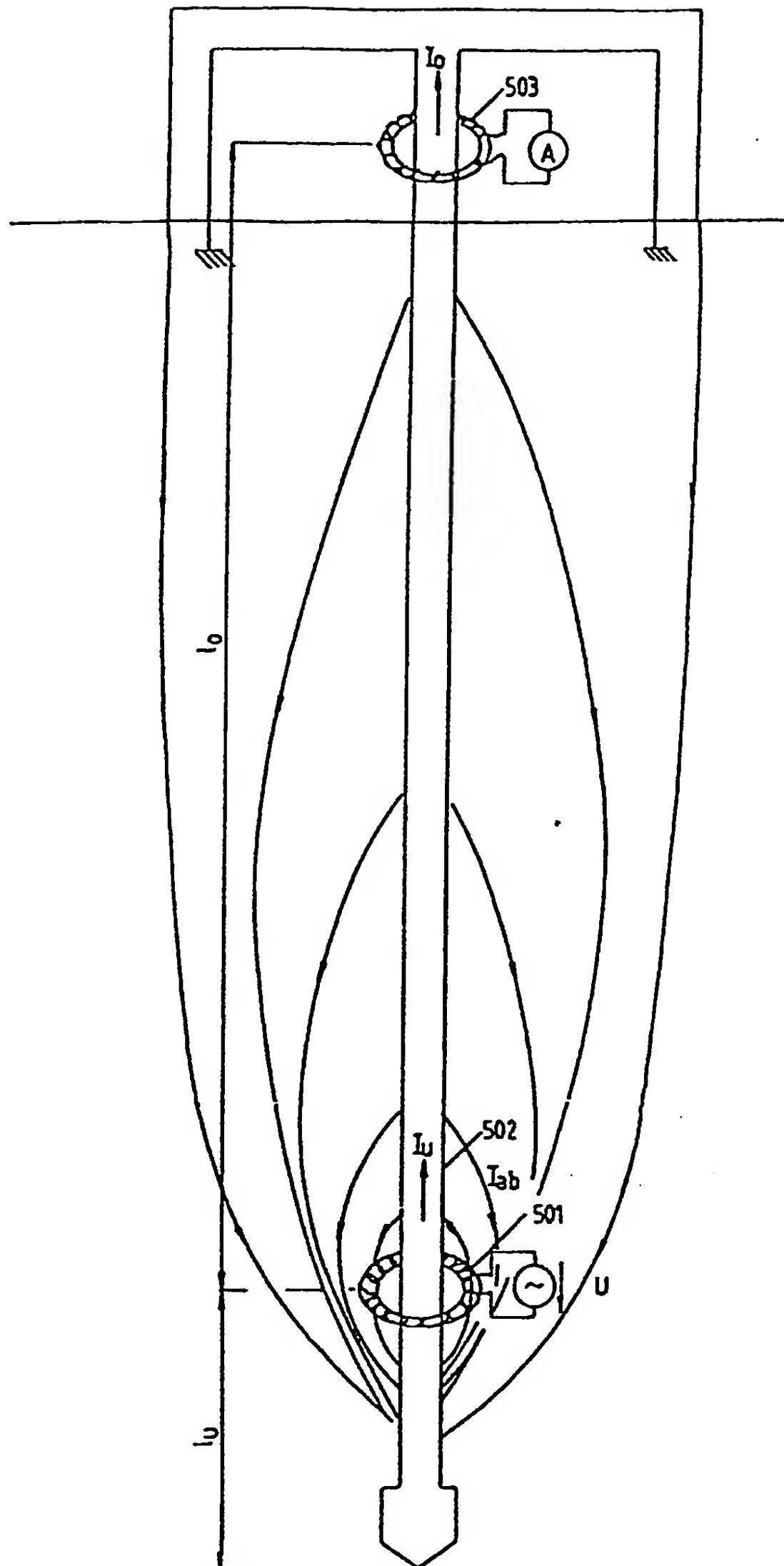


Fig. 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.